

明 細 書

複列自動調心ころ軸受および風力発電機主軸支持装置

技術分野

- [0001] この発明は、左右両列の球面ころに不均等な荷重が負荷される用途、例えば風力発電機の主軸を支持する軸受等に適用される複列自動調心ころ軸受、およびそれを備えた風力発電機主軸支持装置に関する。

背景技術

- [0002] 近年、クリーンで無尽蔵なエネルギーを利用できる風力発電が注目されている。大型の風力発電設備では、風車を備えた発電機本体が地上から数十mの高さに設置されているので、風車のブレードの主軸を支持する軸受の保守には大変な労力と危険が伴う。そのため、風力発電機の主軸を支持する軸受には、高い信頼性と耐久寿命が要求される。
- [0003] 風力発電機の主軸を回転自在に支持するのに好適な自動調心ころ軸受は、例えば特開2004-11737号公報に開示されている。この公報に開示されているように、大型の風力発電機における主軸用軸受には、図15に示すような大型の複列自動調心ころ軸受51が用いられることが多い。主軸50は、ブレード49が取付けられた軸であり、風力を受けることによって回転し、その回転を増速機(図示せず)で増速して発電機を回転させ、発電する。
- [0004] 風を受けて発電している際に、ブレード49を支える主軸50は、ブレード49にかかる風力による軸方向荷重(軸受スラスト荷重)と、径方向荷重(軸受ラジアル荷重)が負荷される。複列自動調心ころ軸受51は、ラジアル荷重とスラスト荷重を同時に負荷することができ、かつ調心性を持つため、軸受ハウジング48の精度誤差や、取付誤差による主軸50の傾きを吸収でき、かつ運転中の主軸50の撓みを吸収できる。そのため、風力発電機主軸用軸受に適した軸受であり、利用されている(例えば、NTN社カタログ「新世代風車用軸受」A65. CAT. No. 8404/04/JE、2003年5月1日発行)。
- [0005] しかしながら、風車においては、ラジアル荷重に比べて一方向のスラスト荷重が大き

く、複列のころ54, 55のうち、スラスト荷重を受ける列のころ54が、もっぱらラジアル荷重とスラスト荷重を同時に負荷することになる。そのため、転がり疲労寿命が短くなる。加えて、反対側の列では軽負荷となり、ころ55が内外輪52, 53の軌道面52a, 53aで滑りを生じ、表面損傷や摩耗を生じるという問題がある。そのため、軸受サイズが大ききなものを用いたり、潤滑性を高めることで対処されるが、軽負荷側では余裕が大きくなり過ぎて、不経済である。また、無人で運転されたり、ブレード49が大型となるために高所に設置される風力発電機主軸用軸受では、メンテナンスフリー等のために、潤滑面でも簡易なものとするのが望まれる。

発明の開示

- [0006] この発明の目的は、左右の列に非対称の負荷が作用する用途に用いられた場合に、負荷に応じた適正な支持が各列で行えて、実質寿命を延長することができ、また材料、処理、または加工等無駄のない経済的な複列自動調心ころ軸受を提供することである。
- [0007] この発明の第1構成に係る複列自動調心ころ軸受は、内輪と外輪との間に複列に球面ころを配置した複列自動調心ころ軸受であって、左右の列の軸受部分における負荷容量を互いに異ならせている。この互いに異ならせる負荷容量は、ラジアル負荷およびスラスト負荷に対するいずれの負荷容量であっても、また両方であっても良い。
- [0008] 左右の列の軸受部分における負荷容量を互いに異ならせる構成としては、左右の列のころを、互いに寸法および形状の少なくとも片方が異なるものとしても良い。例えば、寸法を異ならせる例としては、左右の列のころを、互いにころ長さが異なるものとしても良い。また、形状を異ならせる例としては、左右いずれか片方の列のころを、中心に孔を有する中空ころとしても良い。左右のころを、径方向寸法が異なるものとしても良い。左右の列の軸受部分における負荷容量を互いに異ならせる構成として、この他に、左右の列の接触角を互いに異ならせても良い。左右の列のころを、互いにころ長さが異なるものとし、かつ左右の列の接触角を互いに異ならせても良い。

なお、この複列自動調心ころ軸受は、左右の列に作用する負荷が互いに異なる箇所に使用され、例えばスラスト荷重が負荷される列では、接触角は大きくし、ころのこ

ろ長さは大きくし、反対側の列では接触角は小さくし、ころのころ長さは小さくする。

[0009] 上記のように、左右の列のころのころ長さを異ならせことなどで、左右の列の負荷容量を互いに異ならせると、左右の列に非対称の負荷が作用する用途に用いられた場合に、負荷に応じた適正な支持が各列で行える。これにより、軽負荷側の列で、負荷容量の余裕が大きくなり過ぎて材料の無駄が生じることが防止でき、また軽負荷のために生じるころの滑りが発生し難くなり、表面損傷や摩耗が生じ難い。これらにより、総合的に軸受の実質寿命が向上する。

[0010] 詳しくは、ころのころ長さまたは外径等の寸法を異ならせた場合は、寸法の大きいころ列の負荷容量が増大する。また、寸法の小さいころ列では、ころの自重が軽くなることで、滑りが軽減され、摩耗、表面損傷が軽減される。片方のころ列のころを中空ころとした場合も、その列のころの自重が軽くなることで、滑りが軽減され、摩耗、表面損傷が軽減される。

[0011] 接触角については、接触角が大きくなるに従い、ラジアル負荷に対してスラスト負荷の支持力の割合が増大する。そのため、接触角を大きくした列のスラスト支持力が大きくなる。接触角を小さくした方のころ列では、ころと軌道面との接触応力が大きくなり、これによって滑りが軽減され、摩耗、表面損傷が軽減される。

[0012] 左右の列の負荷容量を異ならせる構成として、ころのころ長さを異ならせる場合や、接触角を異ならせる場合は、ころ径を異ならせる場合に比べて、内外輪の肉厚確保のための内外輪の径方向寸法の設計変更が僅かで済み、あるいは設計変更が不要となり、左右列が非対称であっても設計、製造が容易である。

左右の列のころの自重を異ならせ滑りを軽減させる構成として、左右いずれか片方の列のころを、中心に孔を有する中空ころとする場合は、内外輪については従来の対称型のものと同じで済み、より設計、製造が容易である。

[0013] この発明における上記各構成の複列自動調心ころ軸受は、いずれも、外輪を軸方向に並ぶ2つの分割外輪に分割しても良い。

外輪を分割構造とすることで、2つの分割外輪を個々に製造すれば良いため、非対称の外輪の製造が容易となる。

[0014] 上記のように外輪を分割構造とする場合に、2つの分割外輪の間に隙間を設け、こ

れら分割外輪間に予圧を負荷しても良い。予圧は、小さい方のころ列の側から負荷することが好ましい。

このように予圧を負荷することにより、ころの滑りを積極的に抑制することができる。したがって外輪を分割構造として製造の容易を図りながら、上記滑りの抑制が得られる。

[0015] この発明の第2構成に係る自動調心ころ軸受は、内輪と外輪との間に複列に球面ころを配置した複列の自動調心ころ軸受であって、自動調心ころ軸受は、軸受の全体を、それぞれ分割内輪、分割外輪、および単列のころを有する左右の列毎の軸受分割体に分割し、左右の軸受分割体における負荷または寿命に関係する構成要素を互いに異ならせている。

[0016] このように、左右の列の軸受分割体における負荷または寿命に関係する構成要素を互いに異ならせると、左右の列に非対称の負荷が作用する用途に用いられた場合に、負荷に応じた適正な支持が各列で行える。これにより、軽負荷側の列で、負荷容量や定格寿命の余裕が大きくなり過ぎて材料や改質処理、加工等の無駄が生じることが防止できる。軸受を左右の軸受分割体に分割するため、このような左右の列で互いに負荷または寿命に関係する構成要素を異ならせることが簡単に行える。また、重負荷側の軸受分割体のみに、負荷容量、寿命を高めるための措置を施したものとすれば良いため、軸受の全体にこれらの措置を施す場合に比べて製造コストが低減される。

[0017] 左右の列の軸受分割体の相互間で互いに異ならせる負荷または寿命に関係する構成要素としては、材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれか一つまたは複数であっても良い。

[0018] これら材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれかを異ならせる場合に、分割内輪、分割外輪、およびころのうちの少なくとも一つについて異ならせる。表面改質処理および表面粗さについては、分割内輪および分割外輪の場合は軌道面、ころの場合は転動面について、表面改質処理または表面粗さを異ならせる。

[0019] 材質を異ならせる場合、例えば軽負荷側を通常軸受に用いられる高炭素クロム鋼とし、重負荷側を浸炭材等とする。軽負荷側は通常の高炭素クロム鋼等を用いるこ

とで、材料コストが安くて済む。

表面改質処理としては、表面硬度を高める処理、例えば窒化処理等があり、重負荷側のみに処理を施す。軽負荷側は表面改質処理を省くことで、コスト低下が図れる。

。

表面粗さについては、重負荷側の表面粗さを小さくする。表面粗さが小さくなると、潤滑性が向上し、長寿命となる。軽負荷側は、表面粗さを軸受の標準程度とすることで、加工コストが軽減される。

[0020] 左右の列の軸受分割体は、互いに寸法が同じであっても良い。すなわち、左右の列の軸受分割体の相互間で、分割内輪、分割外輪、およびころの寸法が同じであっても良い。左右の列の軸受分割体の寸法が同じであっても、上記のように材質、表面改質処理、および表面粗さ等のいずれか一つが異なっておれば、負荷に応じた適正な支持が各列で行えて、実質寿命を延長することができる。

[0021] 左右の列の軸受分割体の相互間で互いに異ならせる負荷または寿命に関する構成要素の一つとして、左右の軸受分割体の軸方向寸法、およびころの軸方向寸法を異ならせても良い。

左右の列のころの軸方向寸法を異ならせると、左右の列の負荷容量が変わる。この場合は、負荷に応じた適正な支持が各列で行える。これにより、軽負荷側の列で、負荷容量や寿命の余裕が大きくなり過ぎて材料等の無駄が生じることが防止できるだけでなく、軽負荷のために生じるころの滑りが発生し難くなり、総合的に軸受の実質寿命が向上する。

軸受を分割構造とするため、各列の分割内輪や分割外輪を個々に製造すれば良いため、非対称の自動調心ころ軸受が容易に製造できる。

[0022] 左右の軸受分割体の軸方向寸法を異ならせた場合も、さらに、互いに異ならせる負荷または寿命に関する構成要素として、材質、軌道面またはころ表面の表面改質処理、軌道面またはころ転動面の表面粗さのいずれか一つ以上を異ならせても良い。

。

[0023] この発明の上記各構成の自動調心ころ軸受は、2つの分割外輪の間に隙間を設け、これら分割外輪間に予圧を負荷しても良い。予圧は、軽負荷ころ列の側から負荷す

ることが好ましい。

このように予圧を負荷することにより、ころの滑りを積極的に抑制することができる。
したがって軸受分割構造として製造の容易を図りながら、上記滑りの抑制が得られる。
。

[0024] この発明の第3構成に係る自動調心ころ軸受組は、単列の自動調心ころ軸受を軸方向に2個並べて設けてなり、両側の単列自動調心ころ軸受における負荷または寿命に関係する構成要素を互いに異ならせたものである。

この第3構成では上記各例のような2つの軸受分割体を合わせて一つの軸受としたものの代わりに、単独で機能する単列の自動調心ころ軸受を2個並べて設け、その2個の単列自動調心ころ軸受を、負荷または寿命に関係する構成要素が互いに異ならせている。この構成の場合も、左右の列の非対称負荷に対して、負荷に応じた適正な支持が各列で行えて、実質寿命を延長することができ、また材料に無駄のない経済的なものにできるという効果が得られる。

[0025] この発明のさらに他の実施形態に係る複列自動調心ころ軸受は、一方列の球面ころのころ長さを $L1$ 、他方列の球面ころのころ長さを $L2$ 、一方列の球面ころと軌道輪との接触面に生ずる接触だ円の長径を A としたとき、次の寸法関係が成立する。

[0026] $L1 < L2$

$L1 > A$

上記のように、左右の列の球面ころのころ長さを異ならせるようにすれば、それぞれの球面ころの負荷容量が異なったものとなる。従って、負荷容量が大きくなる列にころ長さが大きな球面ころを用い、軽負荷側の列にころ長さが小さな球面ころを用いれば、負荷に応じた適正な支持が各列で行なえ、軸受寿命が長くなる。軽負荷側の列の球面ころの場合、ころ長さを短くするにも限度がある。すなわち、使用時における荷重を十分に支持できるだけのころ長さが必要である。そこで、本発明では、軽負荷側の球面ころのころ長さを、球面ころと軌道輪との接触面に生じる接触だ円の長径よりも大きくなるようにする。接触だ円の長径よりも大きなころ長さを有する球面ころであれば、使用時の荷重に十分耐えることができ、長寿命となる。

[0027] 球面ころと軌道輪の軌道面とが荷重を受けると、その接触面は弾性変形し、接点の

周りにだ円形の接触面が生じる。このだ円形の接触面が「接触だ円」である。

[0028] 球面ころとしては、ころの最大径の位置がころ長さの中央に位置する対称ころでもよいし、ころの最大径の位置がころ長さの中央から外れている非対称ころでもよい。

[0029] この発明のさらに他の実施形態に係る複列自動調心ころ軸受は、一方列の球面ころの稜線の曲率半径をR1、他方列の球面ころの稜線の曲率半径をR2、一方列の球面ころに接する内輪軌道面の曲率半径をN1、他方列の球面ころに接する内輪軌道面の曲率半径をN2としたとき、次の寸法関係が成立するようにする。

[0030] $N1/R1 < N2/R2$

自動調心ころ軸受においては、通常、球面ころの稜線の曲率半径Rよりも内輪軌道面の曲率半径Nの方が大きい。N/Rの比率が相対的に小さくて1に近いと、運転時の接触だ円の大きさが大きくなり、接触部における最大負荷応力は小さくなる。一方、N/Rの比率が相対的に大きいと接触だ円の大きさが小さくなり、接触部における最大負荷応力は大きくなる。従って、上記のように、左右の列のN/Rの比率を異ならせるようにすれば、負荷に応じた適正な面圧コントロールを各列で行なえる。

[0031] 高負荷側の列におけるN/Rの比率が相対的に小さいものであれば、自動調心ころの両端近傍でのエッジ応力が大きくなり、この部分における早期摩耗や剥離の問題が生じる可能性がある。そこで、高負荷側列におけるN/Rの比率を相対的に大きくしてエッジ応力を低減させる。

[0032] 軽負荷側の列では球面ころと軌道面との間で滑りが生じ易く、ころのスキューも生じやすい。そこで、軽負荷側の列においては、N/Rの比率を相対的に小さくして接触だ円の大きさを大きくすることにより、ころのスキューの発生を抑制する。

[0033] N/Rの比率を変更するには、左右の列の球面ころの稜線の曲率半径を異ならせたり、あるいは左右の列の内輪軌道面の曲率半径を異ならせたりすればよい。球面ころの稜線の曲率半径および内輪軌道面の曲率半径の両者を異ならせるようにしてもよい。そこで、一つの実施形態では、一方列の球面ころの曲率半径R1を、他方列の球面ころの曲率半径R2よりも大きくする。他の実施形態では、一方列の球面ころに接する内輪軌道面の曲率半径N1を、他方列の球面ころに接する内輪軌道面の曲率半径N2よりも小さくする。

[0034] 好ましくは、曲率半径R1の一方列の球面ころは、曲率半径R2の他方列の球面ころよりも、小さなころ長さを有している。このような構成であれば、ころ長さが大きくて負荷容量の大きい球面ころのエッジ応力を低減でき、またころ長さが小さくて負荷容量の小さい球面ころのスキューを効果的に抑制できる。

[0035] この発明における上記各構成の複列自動調心ころ軸受は、いずれも、風力発電機のブレードが取付けられた主軸を支持する主軸支持軸受として使用されるものであっても良い。

風力発電機の主軸支持軸受は、主軸に取付けられたブレードに作用する風圧で、上記のように片方の列にスラスト荷重が偏って作用するため、この発明における左右非対称の複列自動調心ころ軸受の効果が有効に発揮され、実質軸受寿命の向上効果が得られる。

[0036] この発明に係る風力発電機主軸支持装置は、ブレードが取付けられた主軸を、ハウジングに設置された1個または複数の軸受により支持し、上記いずれか一個または複数の軸受を、この発明における上記のいずれかの構成の複列自動調心ころ軸受としたものである。その場合に、上記ブレードから遠い方の列の軸受部分を、近い方の軸受部分よりも負荷容量が大きいもの、または定格寿命が寿命が長いものとする。

この構成とすることで、主軸支持軸受となる複列自動調心ころ軸受の実質軸受寿命の向上効果が得られる。

図面の簡単な説明

[0037] この発明は、添付の図面を参考にして以下の好適な実施形態の説明からより明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の範囲を定めるために利用されるべきものではない。この発明の範囲は添付のクレームによって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の部品番号は、同一部分を示す。

[図1]この発明の第1実施形態にかかる複列自動調心ころ軸受の部分断面図である。

[図2]この発明の第2実施形態にかかる複列自動調心ころ軸受の設置状態を示す部分断面図である。

[図3]この発明の第3実施形態にかかる複列自動調心ころ軸受の設置状態を示す部

分断面図である。

[図4]第3実施形態の変形例にかかる複列自動調心ころ軸受の部分断面図である。

[図5]この発明の第4実施形態にかかる自動調心ころ軸受の部分断面図である。

[図6]同自動調心ころ軸受の設置状態を示す部分断面図である。

[図7]この発明の第5実施形態にかかる自動調心ころ軸受の部分断面図である。

[図8]第5実施形態の変形例1にかかる自動調心ころ軸受組の部分断面図である。

[図9]第5実施形態の変形例2にかかる自動調心ころ軸受組の部分断面図である。

[図10]この発明の第6実施形態にかかる複列自動調心ころ軸受を示す断面図である。

。[図11]ころ長さ寸法の小さな球面ころと内輪軌道面との接触面に生じた接触だ円を示す図解図である。

[図12]この発明の第7実施形態にかかる自動調心ころ軸受について、各列の球面ころと内輪軌道面との関係を説明するための図であり、(a)は球面ころが内輪軌道面に当接している状態を模式的に示し、(b)は球面ころと内輪軌道面との間の接触部に生じる接触だ円を示し、(c)は球面ころの両端部における荷重分布を示している。

[図13]この発明の第1～第7実施形態に係る自動調心ころ軸受を用いた風力発電機主軸支持装置の切欠斜視図である。

[図14]同風力発電機主軸支持装置の破断側面図である。

[図15]従来例の断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0038] この発明の第1実施形態を図1と共に説明する。この複列自動調心ころ軸受1は、内輪2と外輪3との間に複列に、いわゆる球面ころ4、5を介在させてある。各列のころ4、5は、それぞれ保持器6により保持されている。保持器6は、各列毎に別個に設けられたものである。外輪3の軌道面3aは球ころ状とし、各列のころ4、5の外周面は、外輪3の軌道面3aに沿う断面形状、すなわち軌道面3aに沿った円弧をころ中心線C1、C2まわりに回転させた回転曲面としてある。外輪3は、外径面における両列間の中間に油溝7を有し、油溝7から内径面に貫通する油孔8が、円周方向の1箇所または複数箇所に設けられている。内輪2は、各列のころ4、5の外周面に沿う断面形状

の複列の軌道面2a, 2bを有し、両軌道面2a, 2bの間、および両端に、鏝9ー11がそれぞれ設けられている。内輪2は、鏝無しのものであっても良い。

[0039] 左右の列のころ4, 5は、中心線C1, C2に沿ったころ長さL1, L2が互いに異なるものとされ、かつ左右の列の軸受部分1a, 1bは、互いに接触角 $\theta 1$, $\theta 2$ が異なるものとされている。この場合に、ころ長さの大きなころ5の列に対応する軸受部分1bの接触角 $\theta 2$ の方が、ころ長さの小さなころ4の列の軸受部分1aの接触角 $\theta 1$ よりも大きく設定されている。両列のころ4, 5の外径は、例えば最大径が同じとされる。両列のころ4, 5の外径は、互いに異なっても良い。例えば、ころ長さの大きなころ5の方が、ころ長さの小さなころ5よりも外径が大きくされていても良い。

[0040] この構成の複列自動調心ころ軸受1は、左右の列に非対称の負荷が作用する用途、例えば片方の列にスラスト荷重とラジアル荷重とを受け、もう片方の列には殆どラジアル荷重のみを受けるような用途に用いられる。具体的には、風力発電機の主軸支持軸受等に用いられる。その場合に、スラスト荷重を負荷する列を、接触角 $\theta 2$ が大きく、かつころ長さL2が大きなころ5の列とする。なお、各列のころ4, 5自体の形状は、非対称ころであっても、また非対称ころでなくても良い。

[0041] このように、スラスト負荷列について、接触角 $\theta 2$ を大きくし、かつころ5のころ長さL2を大きくすることによって、スラスト負荷能力を大きくしたため、転がり疲労寿命が向上する。反対側の列は、接触角 $\theta 1$ を小さくし、かつころ4のころ長さL1を小さくしたため、ころ4と軌道面2a, 3aとの接触応力が大きくなり、かつころ4の自重が軽くなることで、滑りが軽減される。そのため、軽負荷でも、ころ4の滑りが生じ難く、表面損傷を生じ難い。これらの作用から、総合的に、風力発電機主軸支持軸受等となる複列自動調心ころ軸受1の実質寿命が向上する。

[0042] 図2は、この発明の第2実施形態を示す。この複列自動調心ころ軸受1Aは、図1に示した第1実施形態の複列自動調心ころ軸受1において、外輪3を、軸方向に並ぶ2つの分割外輪3A, 3Bに、両列の間で分割したものである。両分割外輪3A, 3Bは、自然状態、つまり両分割外輪3A, 3Bの球面状の軌道面3Aa, 3Baが同じ球面上に位置する状態で、互いの間に隙間dが生じるように設けられる。この複列自動調心ころ軸受1Aは、軸受ハウジング20に設置した状態で、予圧付与手段21によって、両

側の分割外輪3A, 3Bの隙間dが狭まるように予圧が付与される。予圧付与手段21には、ばね部材または締め付けねじ等が用いられる。ばね部材を用いる場合、例えば円周方向複数箇所に配置されて外輪3の端面に接する圧縮ばねとされる。予圧付与手段21は、小さい方のころ4側の外輪分割体3Aから付与するようにすることが好ましい。

[0043] このように、外輪3を分割構造とすると、非対称形状の外輪3を簡単に製造することができる。また、外輪3を分割構造として予圧を与えることで、ころ4の滑りを積極的に抑制することができる。

この第2実施形態におけるその他の構成、効果は、第1実施形態と同じであり、対応部分に同一符号を付してある。

[0044] なお、図2の例のように、外輪3を分割する構成に加えて、図3に変形例として示す複列自動調心ころ軸受1Bのように、内輪2も、軸方向に並ぶ2つの分割内輪2A, 2Bに分割しても良い。内輪2を分割すると、左右非対称な内輪2の製造が容易になる。

[0045] 図4は、この発明の第3実施形態を示す。この複列自動調心ころ軸受1Cは、片方の列のころ4を、中心に孔4bを有する中空ころとしたものである。この例では、左右の列の接触角 $\theta 1$, $\theta 2$ を互いに同じとし、かつ両列のころ4, 5のころ長さおよび外径を同じとしている。その他の構成は、図1に示す第1実施形態と同じである。

[0046] この第3実施形態の場合、片方の列のころ4が中空ころとされることで、ころ4の材料が節減される。また、この列のころ4に作用する負荷が小さくても、ころ4の自重が軽くなることによって滑りが軽減され、摩耗、表面損傷が軽減される。

[0047] 次に、この発明の第4実施形態を図5, 図6と共に説明する。この自動調心ころ軸受1Dは、複列の自動調心ころ軸受であって、軸受1Dの全体を、左右の列毎の軸受分割体1DA, 1DBに分割し、左右の軸受分割体1DA, 1DBにおける負荷または寿命に関係する構成要素を互いに異ならせたものである。

[0048] この自動調心ころ軸受1Dは、内輪2と外輪3との間に複列にころ4を介在させ、外輪3の軌道面3aを球面状とし、ころ4の外周面を外輪3の軌道面に沿う形状とした複列の軸受である。内輪2および外輪3は、左右の分割内輪2A, 2B、および分割外輪3A, 3Bにそれぞれ分割されており、上記各軸受分割体1DA, 1DBは、それぞれ分

割内輪2A, 2B、分割外輪3A, 3B、および単列のころ4を有する。各列のころ4は、それぞれの軸受分割体1DA, 1DBに設けられた環状の保持器15のポケット15a内に保持されている。内輪2は、両端、および両列のころ4の間に鏝2b, 2cを有するものであり、中央の鏝2cは、各分割内輪2A, 2Bに設けられた分割鏝2ca, 2cbが合わさって構成されている。

- [0049] 左右の軸受分割体1DA, 1DBの形状および寸法は、この実施形態では、互いに同じものとされている。左右の軸受分割体1DA, 1DBにおいて、互いに異ならせる負荷または寿命に関係する構成要素は、材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれかであり、そのうちの一つまたは複数が異なるものとされる。
- [0050] これら材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれかを異ならせる場合に、分割内輪2A, 2B、分割外輪3A, 3B、およびころ4のうちの少なくとも一つについて異ならせる。表面改質処理および表面粗さについては、分割内輪2A, 2Bおよび分割外輪3A, 3Bの場合は軌道面2a, 3a、ころ4の場合は外周面からなる転動面について、表面改質処理または表面粗さを変える。どの部位について変えるかの組み合わせは自在であり、例えば、分割内輪2A, 2Bと分割外輪3A, 3Bとについて、材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれかを異ならせて、ころ4は左右の列で同じとしても良く、また内輪2A, 2B、分割外輪3A, 3B、およびころ4の全てについて、材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれかを異ならせても良い。
- [0051] 材質を異ならせる場合、軽負荷側は、軸受として一般に用いられる安価な材料、例えば高炭素クロム鋼(JIS規格のSUJ材)を用いる。重負荷側には、硬度または転がり疲労寿命が軽負荷側よりも優れた材質を用いる。軽負荷側が高炭素クロム鋼である場合、重負荷側は、例えば高纯净度鋼(VP材)や、高速度鋼(M50材)、または次の各鋼材(1),(2)等を用いる。これらの材質は、内輪2、外輪3、およびころ4のいずれについても適用できる。
- [0052] 上記鋼材(1),(2)は、いずれも特開2000-204444号公報に開示されたものであり、異物混入環境下や高温環境下においても、優れた転動疲労寿命を有する。
- 鋼材(1)の成分は、合金元素の含有量が質量%で、Cを0.6%以上1.3%以下、Siを0.3%以上3.0%以下、Mnを0.2%以上1.5%以下、Pを0.03%以下、Sを0

. 03%以下、Crを0. 3%以上5. 0%以下、Niを0. 1%以上3. 0%以下、Alを0. 050%以下、Tiを0. 003%以下、Oを0. 0015%以下、Nを0. 015%以下含み、残部がFeおよび不可避不純物からなる。この鋼材(1) は、焼入れ処理後または浸炭窒化処理後に焼戻し処理された構成を有し、かつ前記焼戻し処理後の硬さがHRC58以上であり、かつ最大の炭化物寸法が $8\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。前記鋼材(1) は、質量%で、0. 05%以上0. 25%未満のMoおよび0. 05%以上1. 0%以下のVの少なくとも一種をさらに含んでいるものであっても良い。

[0053] 鋼材(2) の成分は、合金元素の含有量が質量%で、Cを0. 6%以上1. 3%以下、Siを0. 3%以上3. 0%以下、Mnを0. 2%以上1. 5%以下、Pを0. 03%以下、Sを0. 03%以下、Crを0. 3%以上5. 0%以下、Niを0. 1%以上3. 0%以下、Alを0. 050%以下、Tiを0. 003%以下、Oを0. 0015%以下、Nを0. 015%以下で各元素を少なくとも含み、残部がFeからなる。この鋼材(2) は、焼入れ処理後または浸炭窒化処理後に焼戻し処理された構成を有し、かつ前記焼戻し処理後の硬さがHRC58以上であり、かつ最大の炭化物寸法が $8\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0054] 表面改質処理を異ならせる場合、例えば、軽負荷側は一般的な焼入れ等の熱処理を施したものとするか、あるいは特に表面処理を施さないものとする。重負荷側は、軽負荷側よりも表面硬度を高めるための表面改質処理を施す。表面硬度を高めるための処理としては、窒化処理、ショットピーニング、ダイヤモンドカーボン処理(DLC処理)等が採用できる。ショットピーニングは、熱処理後に行われるが、圧縮残留応力を与えることで硬度を高めることができる。

[0055] 表面粗さを異ならせる場合、軽負荷側は、例えばRa0. 2〜0. 25程度とし、重負荷側はRa0. 16以下、好ましくは、Ra0. 10以下、またはRa0. 05以下とする。Ra0. 10〜0. 13、またはRa0. 13〜0. 16の程度であっても良い。この表面粗さの範囲は、重負荷側の分割内輪2B、分割外輪3Bの軌道面、およびころ4の転動面のいずれについても適用できる。表面粗さを小さくすると、加工に手間がかかるが、潤滑性が良くなり、耐久性が向上する。

[0056] 両分割外輪3A、3Bは、自然状態、つまり両分割外輪3A、3Bの球面状の軌道面3aが同じ球面上に位置する状態で、互いの間に隙間dが生じるように設けられる。この

自動調心ころ軸受1Dは、図6のように軸受ハウジング20に設置した状態で、予圧付与手段21によって、両側の分割外輪3A, 3Bの隙間dが狭まるように予圧が付与される。予圧付与手段21には、ばね部材または締め付けねじ等が用いられる。ばね部材を用いる場合、例えば円周方向複数箇所に配置されて外輪3の端面に接する圧縮ばねとされる。予圧付与手段21は、軽負荷側の外輪分割体3Aから付与するようにすることが好ましい。このように予圧を与えるようにした場合、ころ4の滑りを積極的に抑制することができる。

[0057] 上記第4実施形態に係る自動調心ころ軸受1Dによると、左右の列の軸受分割体1DA, 1DBにおける負荷または寿命に関係する構成要素を互いに異ならせたため、左右の列に非対称の負荷が作用する用途に用いられた場合に、負荷に応じた適正な支持が各列で行える。これにより、軽負荷側の列で、負荷容量や定格寿命の余裕が大きくなり過ぎて材料や改質処理、加工等の無駄が生じることが防止できる。軸受1Dを左右の軸受分割体1DA, 1DBに分割するため、このような左右の列で互いに負荷または寿命に関係する構成要素を異ならせることが簡単に行える。また、重負荷側の軸受分割体1DBのみに、特殊な材料や、表面改質処理、表面粗さの向上加工を行えば良いため、軸受1Dの全体にこれらの材料、表面改質処理、表面粗さ向上加工を行う場合に比べて製造コストが低減される。特に、後に示すような風力発電機の主軸支持軸に適用した場合は、その風力で主軸に作用する特性に応じた適正な支持が行えて、実質寿命の延長効果が高い。

[0058] 図7は、この発明の第5実施形態を示す。この第5実施形態の自動調心ころ軸受1Eは、左右の列の軸受分割体1EA, 1EBの間で互いに異ならせる負荷または寿命に関係する構成要素の一つを、左右の軸受分割体1EA, 1EBの軸方向寸法、およびころ4の軸方向寸法としたものである。この例では、重負荷側の分割内輪2Bおよび分割外輪3Bの軸方向幅を、軽負荷側の分割内輪2Aおよび分割外輪3Aよりも長くし、かつ重負荷側のころ4の長さを、軽負荷側のころ4よりも長くしてある。これに伴い、左右の列の軸受分割体1EA, 1EBは、互いに接触角 θ_a , θ_b が異なるものとされている。この場合に、ころ長さの大きなころ4の列に対応する軸受分割体1EBの接触角 θ_b の方が、ころ長さの小さなころ4の列の軸受分割体1EAの接触角 θ_a よりも大きく設

定されている。両列のころ4の外径は、例えば最大径が同じとされる。両列のころ4の外径は、互いに異なっても良い。例えば、ころ長さの大きなころ4の方が、ころ長さの小さなころ4よりも外径が大ききされていても良い。

[0059] 左右の軸受分割体1EA, 1EBの材質、表面改質処理、および表面粗さについては、互いに同じとしても良く、また重負荷側の軸受分割体1EBにつき、上記実施形態と同じく軽負荷側の軸受分割体1EAよりも優れたものとしてもよい。この第5実施形態における他の構成は、第4実施形態と同じである。

[0060] この第5実施形態の場合、片方の列の軸受分割体1EB列のころ4のころ長さを大きくし、また接触角 θb を大きくしたため、スラスト負荷能力が大きくなり、転がり疲労寿命が向上する。反対側の列は、接触角 θa を小さくし、かつころ4のころ長さを小さくしたため、ころ4と軌道面2a, 3aとの接触応力が大きくなり、かつころ4の自重が軽くなることで、滑りが軽減される。そのため、軽負荷でも、ころ4の滑りが生じ難く、表面損傷を生じ難い。これらの作用から、総合的に、風力発電機主軸支持軸受等となる複列自動調心ころ軸受1Eの実質寿命が向上する。左右の軸受分割体1EA, 1EBの材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれかを上記のように異ならせた場合は、さらに自動調心ころ軸受1Eの実質寿命が向上する。

[0061] また、自動調心ころ軸受1Eを2つの軸受分割体1EA, 1EBに分割した構造としたため、このような左右非対象の自動調心ころ軸受1Eを簡単に製造することができ、また重負荷側の軸受分割体1EBだけをころ長さの大きなものとすれば良いため、軸受全体を大寸法のものにする場合に比べて材料の無駄がなく、コスト低下が図れる。

[0062] なお、上記第4ー第5実施形態は、いずれも、複列自動調心ころ軸受1Dおよび1Eを分割した構造のものとしたが、図8または図9に示すように、単列の自動調心ころ軸受10C, 10Dを軸方向に2個並べて設けた自動調心ころ軸受組10としても良い。この場合に、両側の単列の自動調心ころ軸受10C, 10Dにおける負荷または寿命に関係する構成要素を互いに異ならせたものとする。両側の外輪3の軌道面3aは、略同一の球面上に沿うものとする。

[0063] 図8の変形例1は、両側の単列の自動調心ころ軸受10C, 10Dを、相互間で寸法が互いに等しく、材質、表面改質処理、および表面粗さのいずれかを相互の間で異

ならせたものである。材質、表面改質処理、および表面粗さをどのように異ならせるかは、図5、図6に示した第4実施形態と同様である。

[0064] 図9の変形例2は、両側の単列の自動調心ころ軸受10E, 10Fを、相互間で内外輪2, 3の軸方向寸法、およびころ4の軸方向寸法を互いに異ならせたものである。

[0065] この変形例1および2のように、単独で機能する単列の自動調心ころ軸受を2個並べて設け、その2個の単列自動調心ころ軸受10C, 10Dまたは10Eおよび10Fを、負荷または寿命に関係する構成要素が互いに異なるものとしても、上記のような左右の列の非対称負荷に対して、負荷に応じた適正な支持が各列で行えて、実質寿命を延長することができ、また材料に無駄のない経済的なものにできるという効果が得られる。傷が軽減される。

[0066] 図10および図11を参照して、この発明の第6実施形態に係る複列自動調心ころ軸受を説明する。

[0067] 複列自動調心ころ軸受1Fは、内輪22と、外輪26と、両軌道輪の間に複列に配置した球面ころ12, 13と、これらのころ12, 13を保持する保持器14とを備える。保持器14は、各列毎に別個に設けられたものである。外輪26の軌道面26aは球面状に形成されており、各列のころ12, 13の外周面は、外輪26の軌道面26aに沿う球面形状を有している。

[0068] 外輪26は、その外径面における中間位置に油溝7Aを有し、さらに油溝7Aから内径面にまで貫通する油孔8Aを有している。油孔8Aは、円周方向の1箇所または複数箇所に設けられている。

[0069] 図示した実施形態における内輪22は、幅方向の両端に外鏢24, 25を有し、また中間に中鏢23を有している。なお、他の実施形態として、鏢無しの内輪を用いることも可能である。内輪22は、各列のころ12, 13の外周面に沿う断面形状の複列の軌道面22a, 22bを有している。

[0070] 左右の列のころ12, 13の中心線C1, C2に沿ったころ長さ寸法に注目すると、図中右側列のころ13の長さ寸法L2は、左側列のころ12の長さ寸法L1よりも大きくされている。また、図示した実施形態では、左右の列の軸受部分10a, 10bは、互いに接触角 $\theta 1$, $\theta 2$ が異なるものとされる。この場合、長さ寸法の大きなころ13の列に対応す

る軸受部分10bの接触角 θ_2 の方が、長さ寸法の小さなころ12の列の軸受部分10aの接触角 θ_1 よりも大きく設定されている。

[0071] 両列のころ12, 13の外径は、例えば最大径が同じとされる。変更例として、両列のころ12, 13の外径を互いに異ならせてもよい。例えば、長さ寸法の大きなころ13の方が、長さ寸法の小さなころ12よりも大きな外径を有するようにしてもよい。各列のころ12, 13の形状に関しては、ころの最大径の位置がころ長さの中央に位置する対称ころであってもよいし、ころの最大径の位置がころ長さの中央から外れている非対称ころであってもよい。

[0072] 図11は、小さなころ長さ寸法L1を有するころ12が、内輪22の軌道面22a上に位置している状態を模式的に示している。ころ12と内輪22の軌道面22aとが荷重を受けると、その接触面は弾性変形し、接点の周りにだ円形の接触面、すなわち接触だ円27aが生じる。図示していないが、ころ13と外輪26の軌道面26aとの接触面においても同様の接触だ円が生じる。ころ12のころ長さ寸法L1は、接触だ円27aの長径Aよりも大きくなるようにされている。

[0073] 上記構成の複列自動調心ころ軸受1Fは、左右の列に非対称の負荷が作用する用途、例えば一方の列にスラスト荷重とラジアル荷重とを受け、他方の列にはもっぱらラジアル荷重のみを受けるような用途に用いられる。この場合、スラスト荷重およびラジアル荷重を受ける高負荷側列にころ長さ寸法の大きなころ13を用い、もっぱらラジアル荷重のみを受ける軽負荷側列にころ長さ寸法の小さなころ12を用いる。

[0074] 上記のように、高負荷側列にころ長さ寸法の大きなころ13を配置し、軽負荷側列にころ長さ寸法の小さなころ12を配置することにより、各列の負荷状況に応じた適正な支持を行なうことができる。すなわち、高負荷側列では負荷能力が増大しているので、転がり疲労寿命が向上する。また、軽負荷側列ではころ長さ寸法の小さなころ12と軌道面26a, 22aとの接触応力が大きくなり、かつころの自重が小さくなるので滑りが軽減される。

[0075] さらに、ころ長さ寸法を小さくしたころ12においても、そのころ長さ寸法L1は接触だ円27aの長径Aよりも大きいので、使用時におけるラジアル荷重に十分に耐えることができる。

[0076] 図12は、この発明の第7実施形態にかかる自動調心ころ軸受について、各列のころと、それに接する内輪軌道面との関係を説明するための図である。(a)は、ころが内輪軌道面に当接している状態を模式的に示し、(b)は、ころと内輪軌道面との間の接触部に生じる接触だ円を示し、(c)は、ころの両端部における荷重分布を示している。

[0077] 図12(a)に示すように、ころ長さの小さな左列のころ12の稜線の曲率半径、つまり中心線C1, C2(図10)を含む断面に表れる外形線の曲率半径をR1、ころ長さの大きな右列のころ13の稜線の曲率半径をR2、左列の内輪軌道面22aの曲率半径をN1、右列の内輪軌道面22bの曲率半径をN2とすると、次の寸法関係が成立するようにする。ここで、ころ12, 13の稜線とは球面12, 13の中心線C1, C2を含む断面に表れる外形線をいう。

[0078] $N1/R1 < N2/R2$

上記の寸法関係を得るには、次のいずれかの設計をすればよい。

[0079] (1)左右の列のころ12, 13の稜線の曲率半径を異ならせる。図示した実施形態では、ころ長さの小さな左列のころ12の曲率半径R1を、ころ長さの大きな右列のころ13の曲率半径R2よりも大きくする。

[0080] (2)左右の列の内輪軌道面22a, 22bの曲率半径を異ならせる。図示した実施形態では、右列の内輪軌道面22bの曲率半径を左列の内輪軌道面22aよりも大きくする。

[0081] (3)上記の(1)および(2)の両者を実施する。

[0082] ころと内輪軌道面とが荷重を受けると、その接触面は弾性変形し、接点の周りにだ円形の接触面が生じる。このだ円形の接触面が接触だ円である。内輪軌道面の曲率半径Nところの稜線の曲率半径Rとの比率 N/R が相対的に小さくて1に近いと、運転時の接触だ円の大きさが大きくなり、一方、 N/R の値が相対的に大きくなると運転時の接触だ円の大きさが小さくなる。

[0083] 従って、図12(b)に示すように、ころ長さの大きな右列のころ13と右列の内輪軌道面22bとの間の接触部に生じる接触だ円27aの大きさは相対的に小さくなる。接触だ円27aの大きさが小さくなれば、図12(c)に示す面圧分布ようころ13の両端部に

おけるエッジロードが低減する。

- [0084] ころ長さの小さな左列のころ12と左列の内輪軌道面22aとの間の接触部に生じる接触だ円27aの大きさは相対的に大きくなる。接触だ円27aの大きさが大きくなれば、内輪から伝達されるころの駆動力が大きくなるため、ころの姿勢は安定しやすい。また、スキューの回転軸となる部分が広いため、摩擦抵抗によりスキューは抑えられる。図12(c)に示すように、エッジ応力が大きくなるが、負荷荷重が小さいため問題にはならない。
- [0085] 上記構成の複列自動調心ころ軸受1Fは、左右の列に非対称の負荷が作用する用途、例えば一方の列にスラスト荷重とラジアル荷重を受け、他方の列にはもっぱらラジアル荷重のみを受けるような用途に用いられる。この場合、スラスト荷重およびラジアル荷重を受ける高負荷側列にころ長さが大きなころ13を用い、もっぱらラジアル荷重のみを受ける軽負荷側列にころ長さの小さなころ12を用いる。
- [0086] 上記のように、高負荷側列にころ長さの大きなころ13を配置し、軽負荷側列にころ長さの小さなころ12を配置することにより、各列の負荷状況に応じた適正な支持を行なうことができる。すなわち、高負荷側列では負荷能力が増大しているので、転がり疲労寿命が向上する。また、軽負荷側列ではころ長さの小さなころ12と軌道面22a、26aとの接触面積が広くなり、かつころの自重が小さくなるので滑りが軽減される。
- [0087] さらに、ころ長さを大きくした高負荷側列のころ13のエッジ応力を低減するために、内輪軌道面22bの曲率半径 $N2$ ところ13の稜線の曲率半径 $R2$ との比率 $N2/R2$ を相対的に大きくして接触だ円の大きさを小さくしているので、高負荷側列におけるころの寿命をより延ばすことが期待できる。ころ長さ寸法を小さくした軽負荷側列のころ12に対しては、内輪軌道面22aの曲率半径 $N1$ ところ12の稜線の曲率半径 $R1$ との比率 $N1/R1$ を相対的に小さくして接触だ円の大きさを大きくしてスキューに対する摩擦抵抗を大きくしているので、スキューを効果的に抑制できる。
- [0088] この発明は、左右の列のころに不均等な荷重が作用する複列自動調心ころ軸受およびそのような軸受を備えた風力発電機の主軸支持構造に有利に利用され得る。
- [0089] 図13、図14は、この発明の第1～第7実施形態に係る複列自動調心ころ軸受を用いた風力発電機主軸支持装置の一例を示す。支持台31上に旋回座軸受32(図14

)を介してナセル33のケーシング33aが水平旋回自在に設置されている。ナセル33のケーシング33a内には、軸受ハウジング34に設置された主軸支持軸受35を介して主軸36が回転自在に設置され、主軸36のケーシング33a外に突出した部分に、旋回翼となるブレード37が取付けられている。主軸36の他端は、増速機38に接続され、増速機38の出力軸が発電機39のロータ軸に結合されている。ナセル33は、旋回用モータ40により、減速機41を介して任意の角度に旋回させられる。

[0090] 主軸支持軸受35は、図示の例では2個並べて設置してあるが、1個であっても良い。この主軸支持軸受35に、上記第1〜第7実施形態のいずれかの複列自動調心ころ軸受1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1Fが用いられる。この場合、ブレード37から遠い方の列のころに大きな負荷がかかるので、ころ長さ寸法の大きなころを用いる。ブレード37に近い方の列のころには主としてラジアル荷重のみが加わるので、ころ長さ寸法の小さなころを用いる。

[0091] 風力発電機の風車が静止する無風状態においては、大きなラジアル荷重が作用するので、この荷重に耐えられるようにするために、ブレード37に近い方の列に位置するころのころ長さ寸法を、このころと軌道輪との接触面に生ずる接触だ円の長径よりも大きくする。

[0092] さらに、図12に示すように、ブレード37に近い方の列のころの稜線の曲率半径をR1、ブレード37に遠い方の列のころの稜線の曲率半径をR2、ブレードに近い方の列の内輪軌道面の曲率半径をN1、ブレードに遠い方の列の内輪軌道面の曲率半径をN2としたとき、次の寸法関係が成立するように設計する。

[0093] $N1/R1 < N2/R2$

なお、図示した実施形態では、左右の列のころのころ長さを異ならせていたが、他の実施形態として、左右の列のころのころ長さを同じにしてもよい。

[0094] この発明は、左右の列のころに不均等な荷重が作用する複列自動調心ころ軸受およびそのような軸受を備えた風力発電機の主軸支持構造に有利に利用され得る。

[0095] このように風力発電機の主軸支持軸受35に、上記実施形態の複列自動調心ころ軸受1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1Fを適用した場合、ブレード37に対して遠い方の列がスラスト荷重負荷列となる。そのため、このスラスト荷重負荷列側に、ころ幅の大

きい列が配置されるように複列自動調心ころ軸受1, 1A, 1B, 1Eを設置する。図4の第3実施形態の複列自動調心ころ軸受1Cを使用する場合は中実のころ4側の列をスラスト荷重負荷列側とする。

[0096] このように風力発電機の主軸支持軸受35に、例えば、上記実施形態の複列自動調心ころ軸受1Dを適用した場合、ブレード37に対して遠い方の列がスラスト荷重負荷列となる。そのため、このスラスト荷重負荷列側に、負荷容量の大きい、あるいは定格寿命の長い軸受分割体1DBが配置されるように複列自動調心ころ軸受1Dを設置する。

[0097] なお、上記主軸支持軸受35として、図8, 図9等に示す単列の自動調心ころ軸受10C, 10Dまたは10E, 10Fを並べた自動調心ころ軸受組10を用いても良い。

[0098] 以上のとおり、図面を参考しながら好適な実施形態を説明したが、当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、添付のクレームから定まるこの発明の範囲内のものと解釈される。

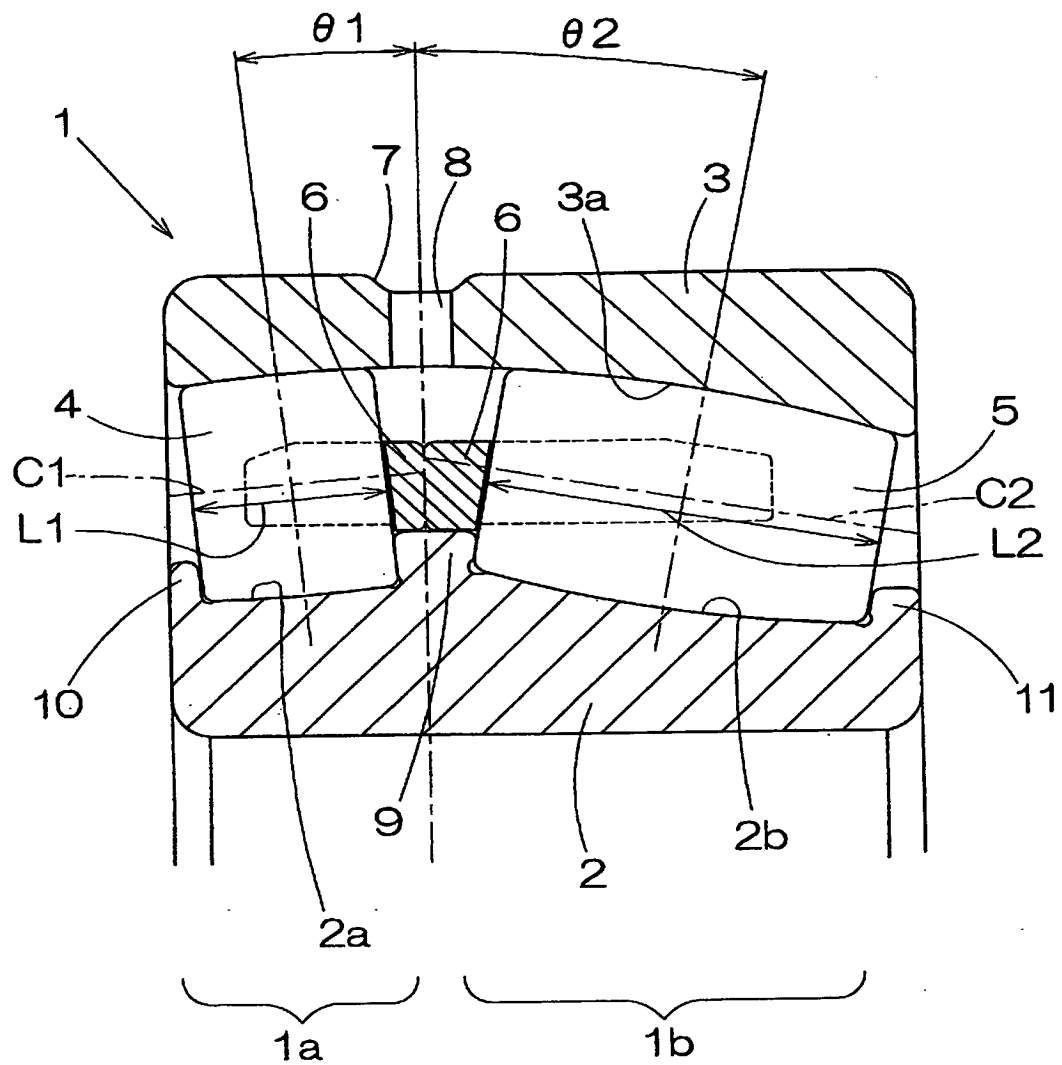
請求の範囲

- [1] 内輪と外輪との間に複列に球面ころを配置した複列自動調心ころ軸受であって、左右の列の軸受部分における負荷容量を互いに異ならせた複列自動調心ころ軸受。
- [2] 請求項1において、左右の列のころを、互いに寸法および形状の少なくとも片方が異なるものとした複列自動調心ころ軸受。
- [3] 請求項1において、
左右の列のころを、互いにころ長さが異なるものとした複列自動調心ころ軸受。
- [4] 請求項1において、
左右いずれか片方の列のころを、中心に孔を有する中空ころとした複列自動調心ころ軸受。
- [5] 請求項1において、
左右の列の接触角を互いに異ならせた複列自動調心ころ軸受。
- [6] 請求項1において、
左右の列のころを、互いにころ長さが異なるものとし、かつ左右の列の接触角を互いに異ならせた複列自動調心ころ軸受。
- [7] 請求項1において、外輪を、軸方向に並ぶ2つの分割外輪に分割した複列自動調心ころ軸受。
- [8] 請求項7において、2つの分割外輪の間に隙間を設け、これら分割外輪間に予圧を負荷した複列自動調心ころ軸受。
- [9] 請求項1において、風力発電機のブレードが取付けられた主軸を支持する主軸支持軸受として使用されるものである複列自動調心ころ軸受。
- [10] ブレードが取付けられた主軸を、ハウジングに設置された1個または複数の軸受により支持し、上記いずれか一個または複数の軸受を、請求項1に記載の複列自動調心ころ軸受とし、この複列自動調心ころ軸受における上記ブレードから遠い方の列の軸受部分を、近い方の軸受部分よりも負荷容量が大きいものとした風力発電機主軸支持装置。
- [11] 内輪と外輪との間に複列にころを配置した複列自動調心ころ軸受であって、
軸受の全体を、それぞれ分割内輪、分割外輪、および単列のころを有する左右の

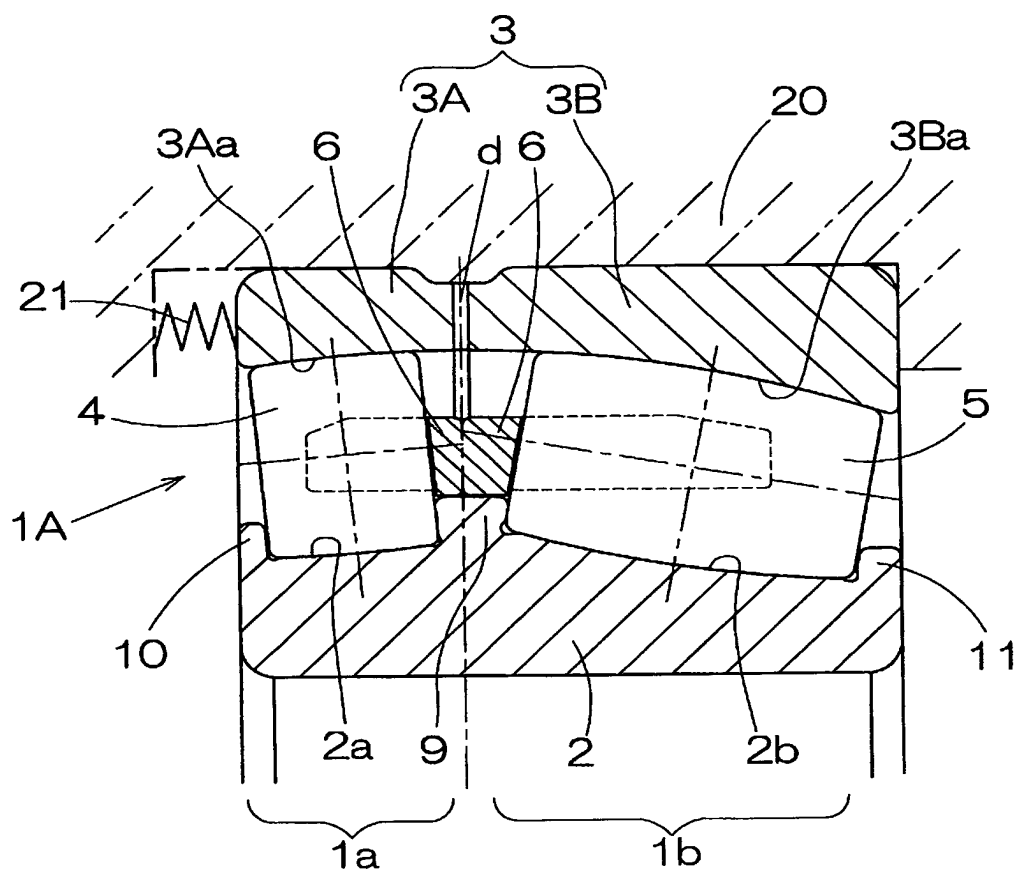
- 列毎の軸受分割体に分割し、左右の軸受分割体における負荷または寿命に関する構成要素を互いに異ならせた複列自動調心ころ軸受。
- [12] 請求項11において、左右の列の軸受分割体の相互間で互いに異ならせる負荷または寿命に関する構成要素の一つが、分割内輪、分割外輪、およびころのうちの少なくとも一つの材質である複列自動調心ころ軸受。
- [13] 請求項11において、左右の列の軸受分割体の相互間で互いに異ならせる負荷または寿命に関する構成要素の一つが、分割内輪、分割外輪、およびころのうちの少なくとも一つの軌道面またはころ転動面の表面改質処理である複列自動調心ころ軸受。
- [14] 請求項11において、左右の列の軸受分割体の相互間で互いに異ならせる負荷または寿命に関する構成要素の一つが、分割内輪、分割外輪、およびころのうちの少なくとも一つの軌道面またはころ転動面の表面粗さである複列自動調心ころ軸受。
- [15] 請求項11において、左右の列の軸受分割体およびそのころの寸法を互いに同じとした複列自動調心ころ軸受。
- [16] 請求項11において、互いに異ならせる負荷または寿命に関する構成要素の一つが、左右の軸受分割体の内外輪の軸方向寸法、およびころの軸方向寸法である複列自動調心ころ軸受。
- [17] 請求項11において、2つの分割外輪の間に隙間を設け、これら分割外輪間に予圧を負荷した複列自動調心ころ軸受。
- [18] 請求項11に記載の自動調心ころ軸受であって、風力発電機のブレードが取付けられた主軸を支持する主軸支持軸受として使用されるものである複列自動調心ころ軸受。
- [19] 単列の自動調心ころ軸受を軸方向に2個並べて設けてなり、両側の単列自動調心ころ軸受における負荷または寿命に関する構成要素を互いに異ならせた複列自動調心ころ軸受組。
- [20] 請求項19に記載の自動調心ころ軸受であって、風力発電機のブレードが取付けられた主軸を支持する主軸支持軸受として使用されるものである複列自動調心ころ軸受組。

- [21] ブレードが取付けられた主軸を、ハウジングに設置された1個または複数の軸受により支持し、上記いずれか一個または複数の軸受を、請求項11に記載の自動調心ころ軸受とし、この自動調心ころ軸受における上記ブレードから遠い方の列の軸受分割体を、近い方の軸受分割体よりも、負荷容量が大きいもの、または定格寿命が長いものとした風力発電機主軸支持装置。
- [22] 請求項1において、一方列のころのころ長さを $L1$ 、他方列のころのころ長さを $L2$ 、一方列のころと軌道輪との接触面に生ずる接触だ円の長径を A としたとき、
 $L1 < L2$ 、
 $L1 > A$
の寸法関係が成立する複列自動調心ころ軸受。
- [23] 請求項22に記載において、前記ころは、ころの最大径の位置がころ長さの中央に位置する対称ころである、複列自動調心ころ軸受。
- [24] 請求項22に記載において、前記ころは、ころの最大径の位置がころ長さの中央から外れている非対称ころである、複列自動調心ころ軸受。
- [25] 請求項1において、一方列のころの稜線の曲率半径を $R1$ 、他方列のころの稜線の曲率半径を $R2$ 、一方列のころに接する内輪軌道面の曲率半径を $N1$ 、他方列のころに接する内輪軌道面の曲率半径を $N2$ としたとき、
 $N1/R1 < N2/R2$
の寸法関係が成立する複列自動調心ころ軸受。
- [26] 請求項25において、前記一方列のころの曲率半径 $R1$ は、前記他方列のころの曲率半径 $R2$ よりも大きい、複列自動調心ころ軸受。
- [27] 請求項25において、前記一方列のころに接する内輪軌道面の曲率半径 $N1$ は、前記他方列のころに接する内輪軌道面の曲率半径 $N2$ よりも小さい、複列自動調心ころ軸受。
- [28] 請求項25において曲率半径 $R1$ の前記一方列のころは、曲率半径 $R2$ の前記他方列のころよりも、小さいころ長さを有している、複列自動調心ころ軸受。

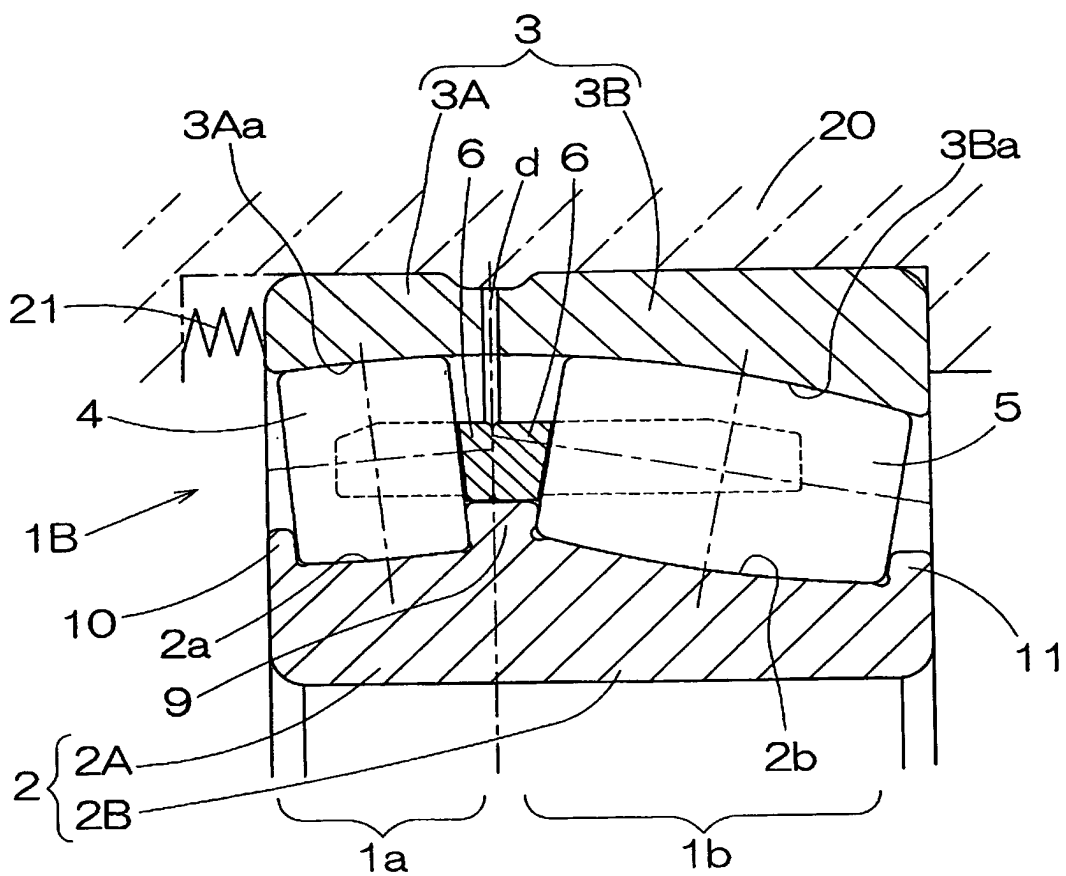
[図1]



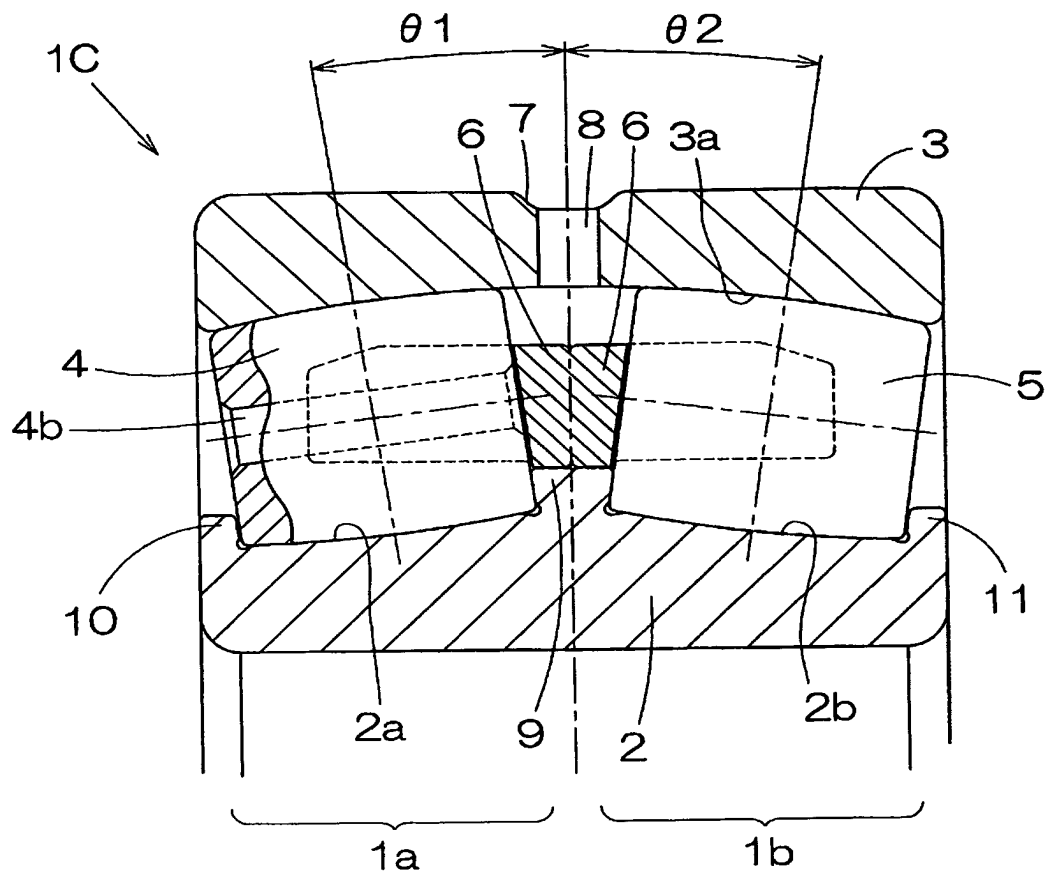
[図2]



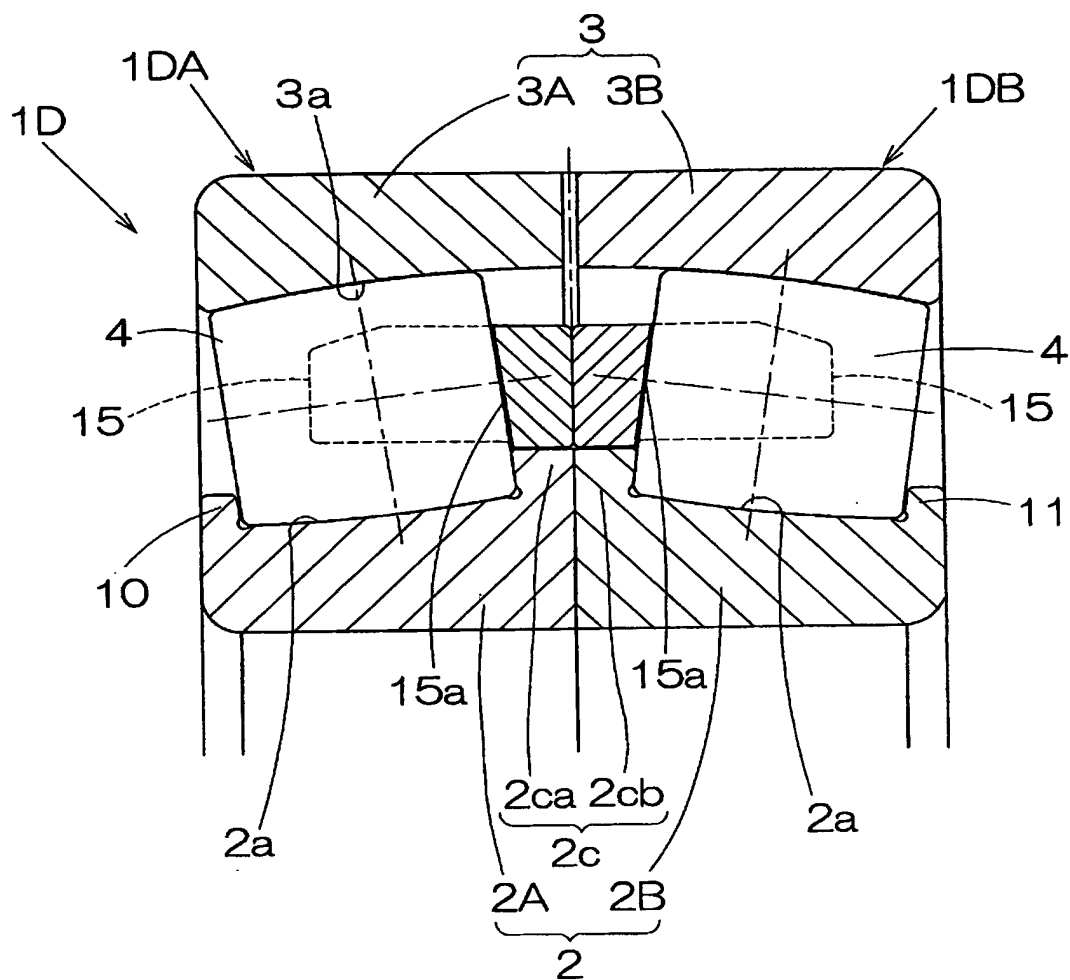
[図3]



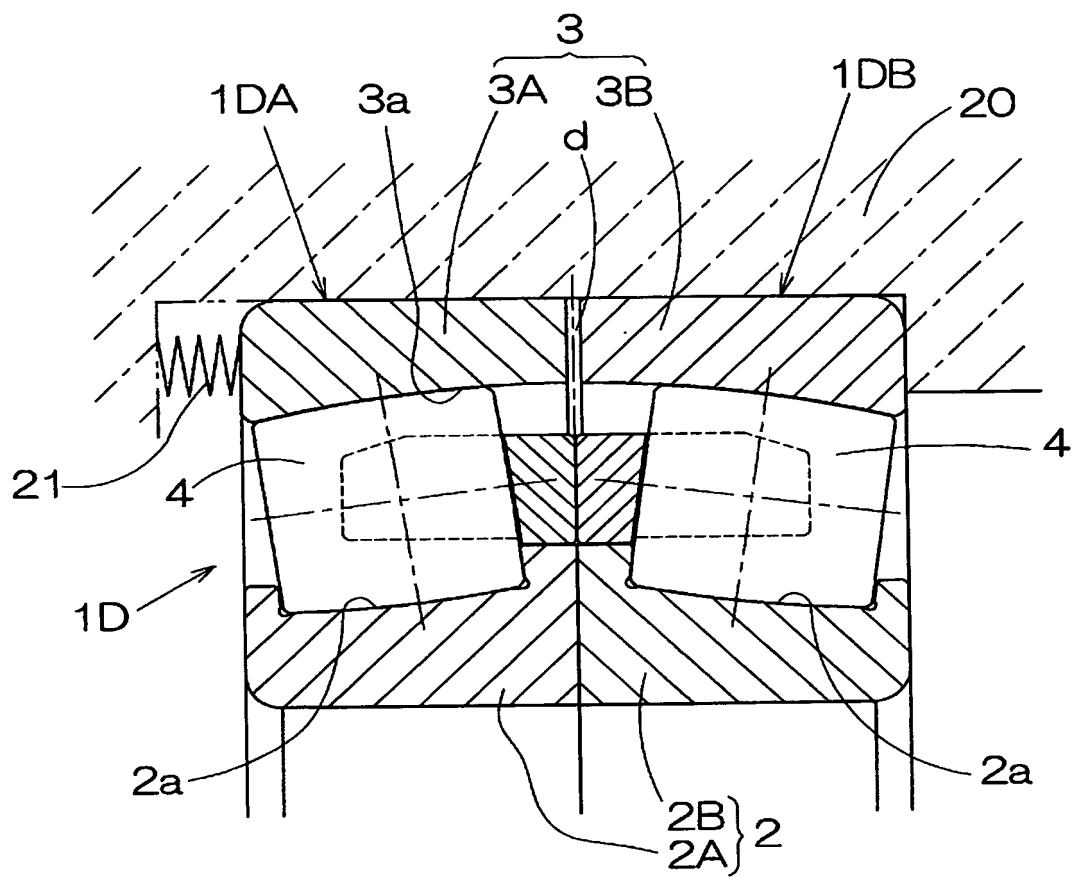
[図4]



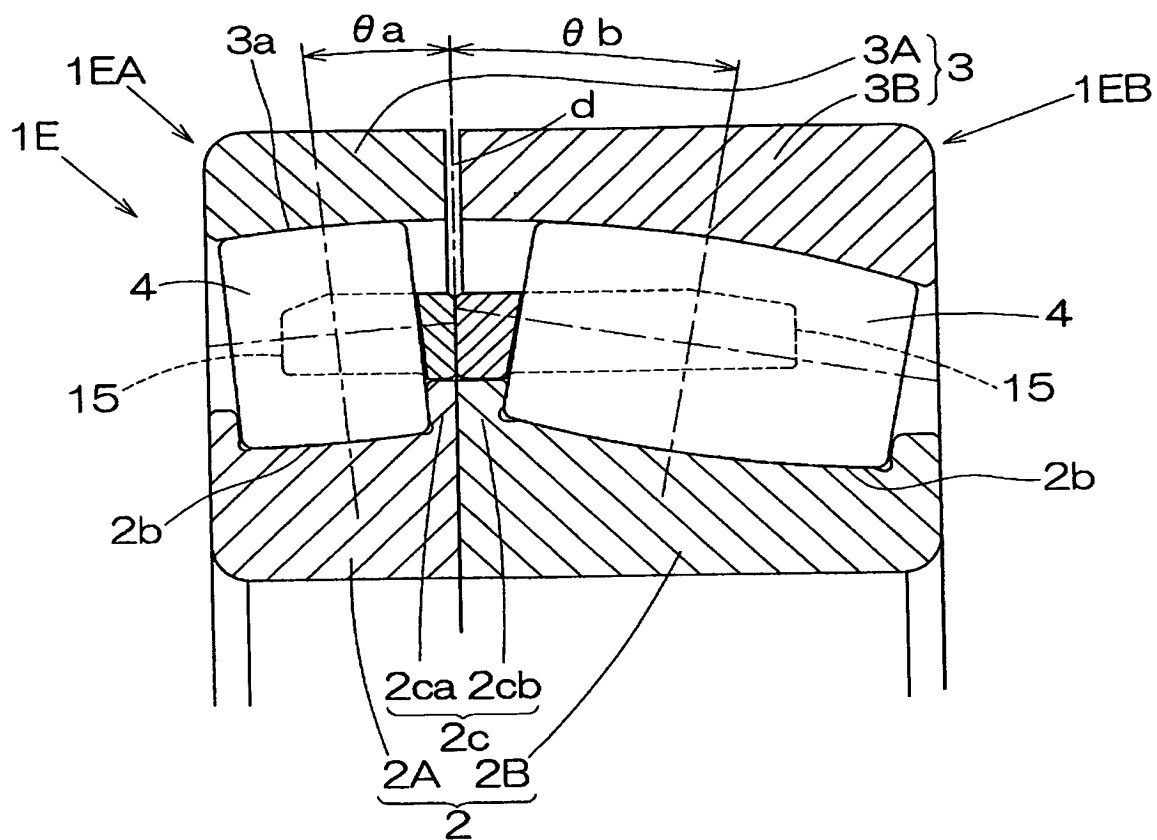
[図5]



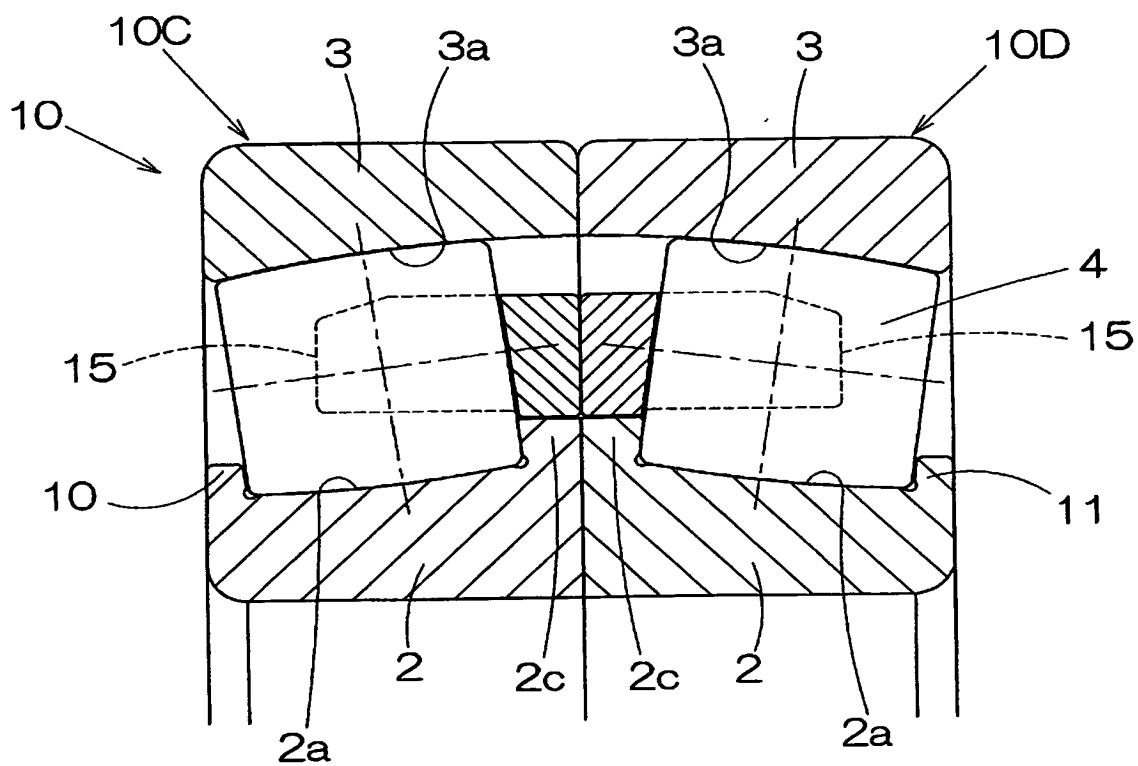
[図6]



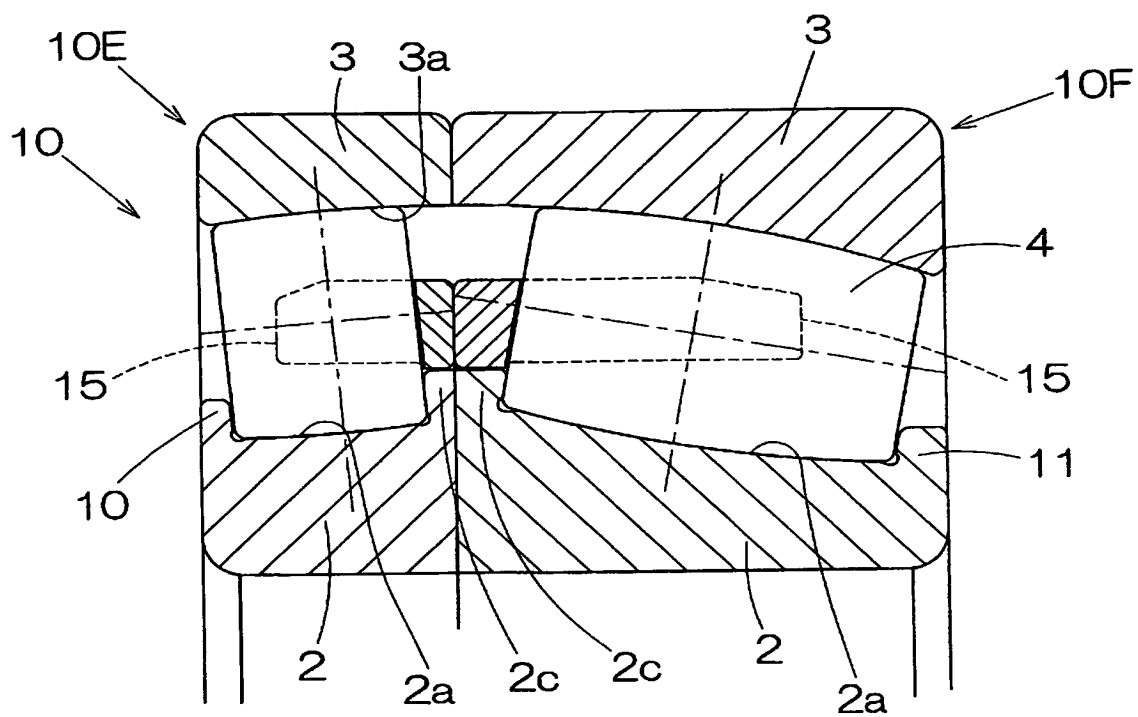
[図7]



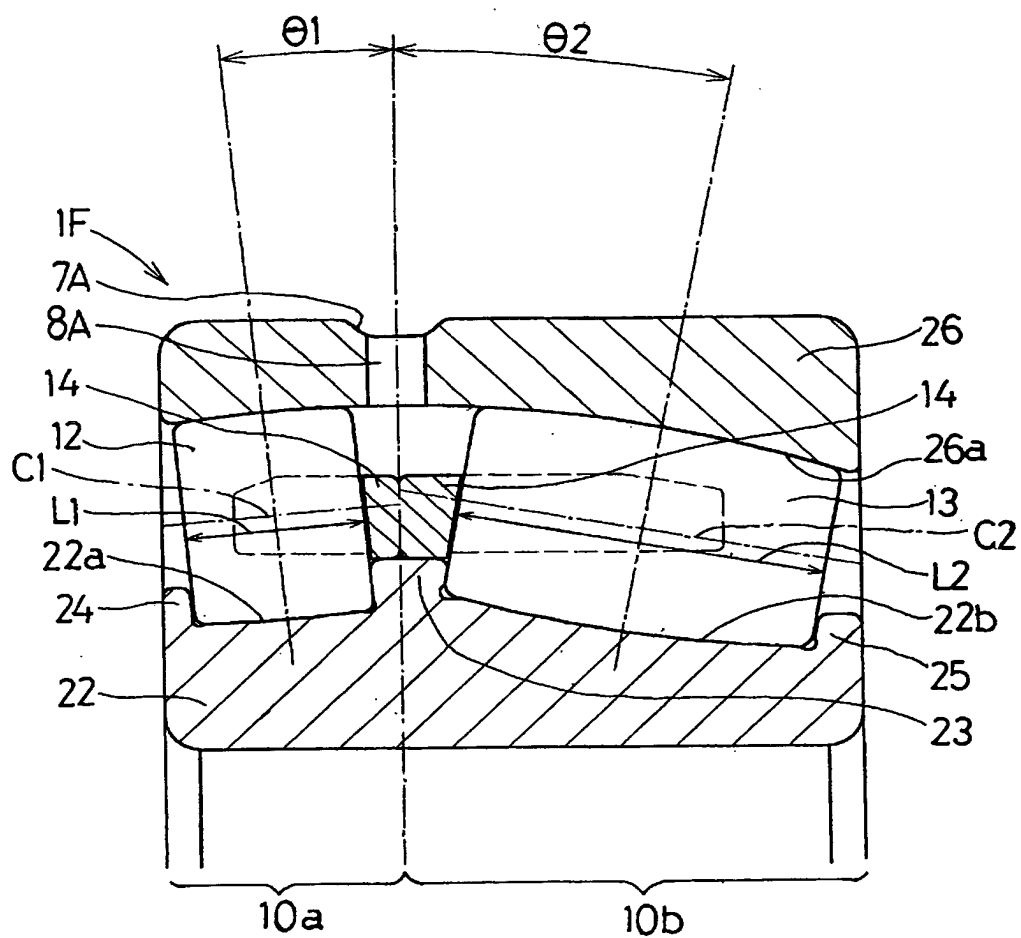
[図8]



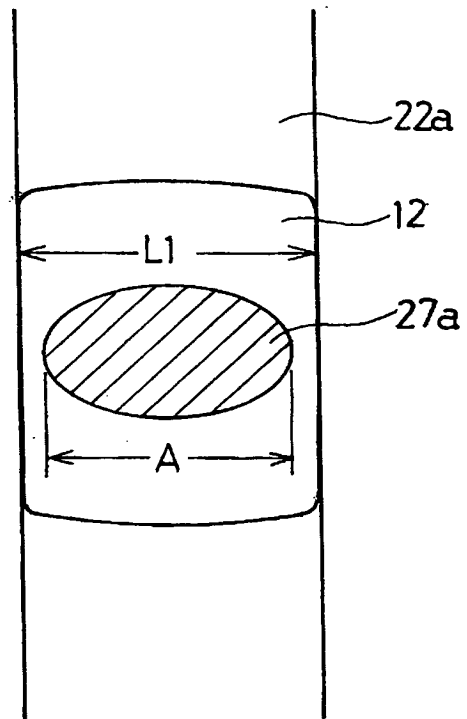
[図9]



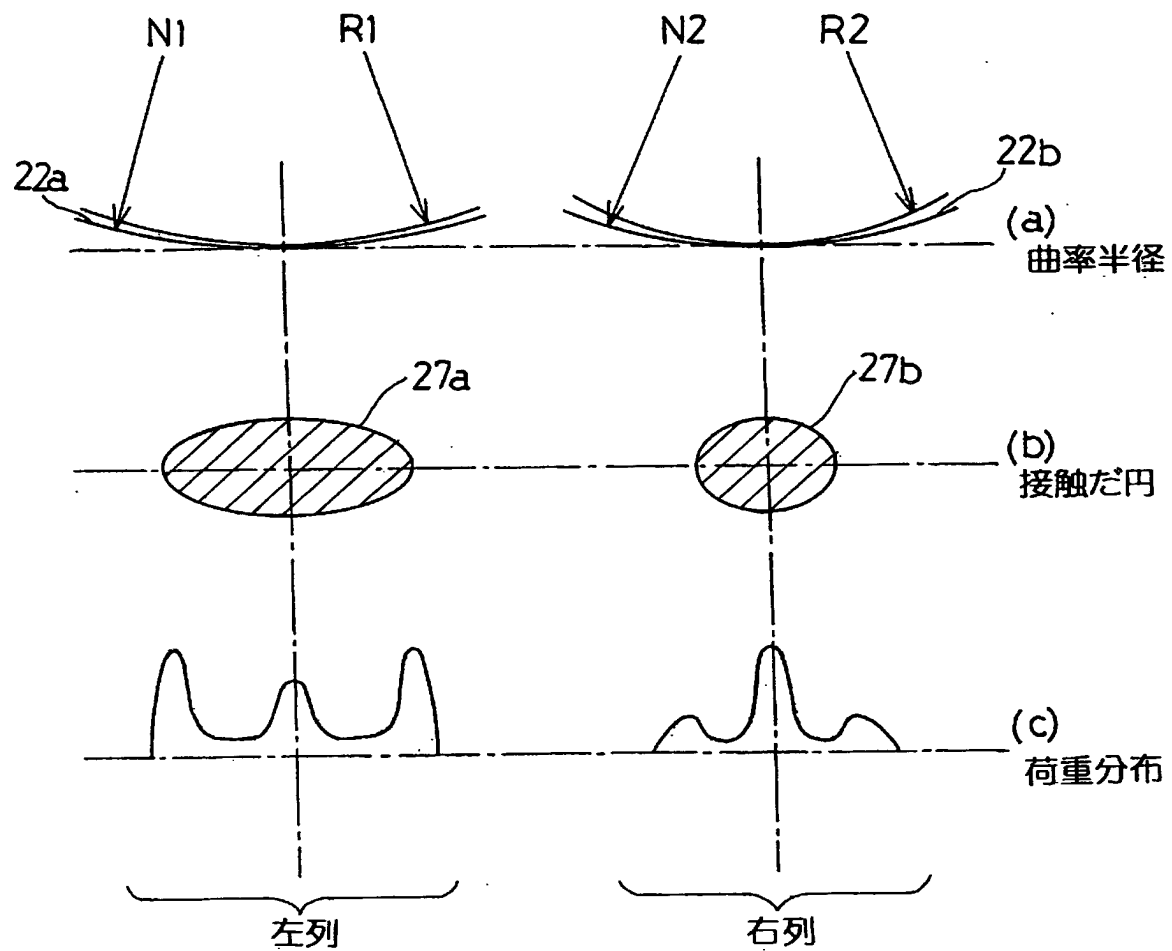
[図10]



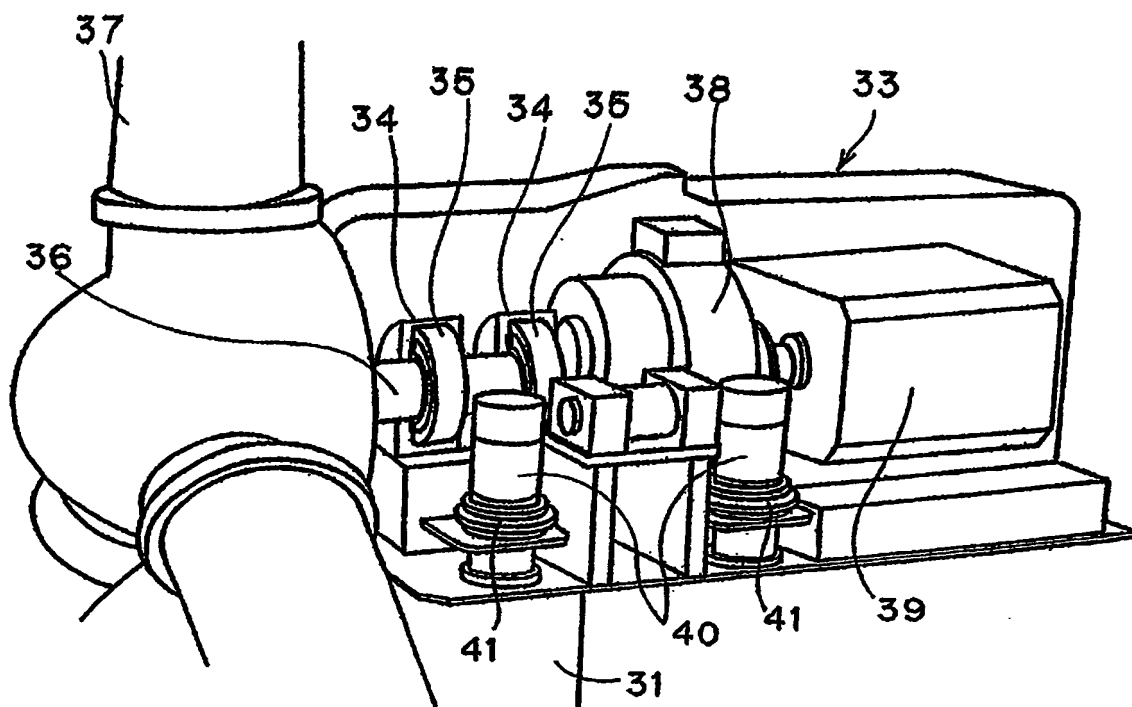
[図11]



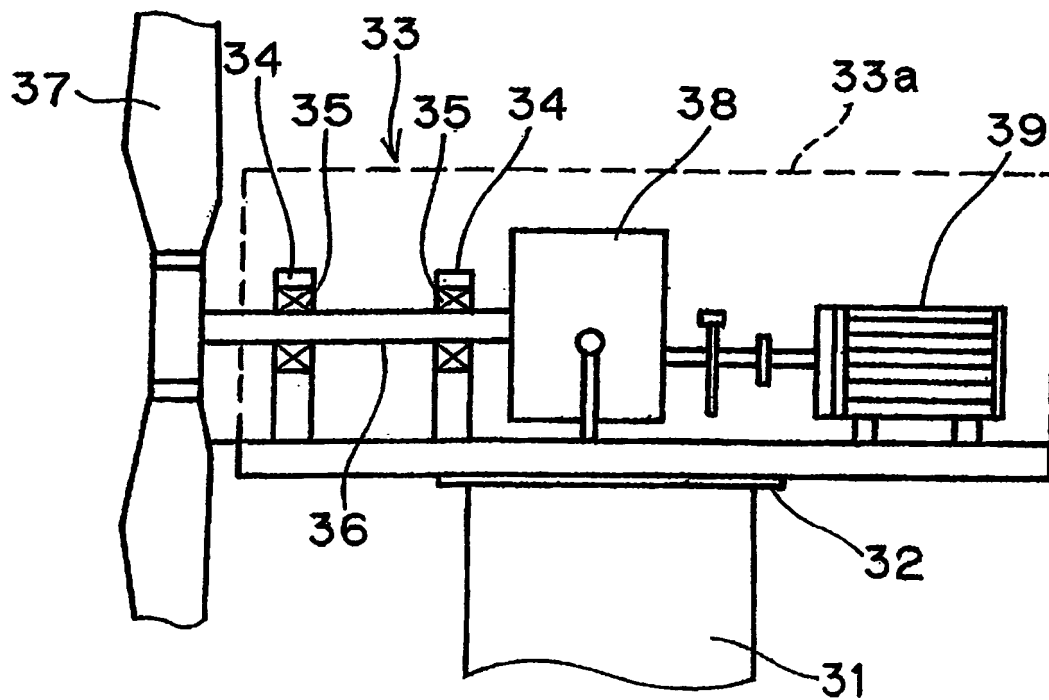
[図12]



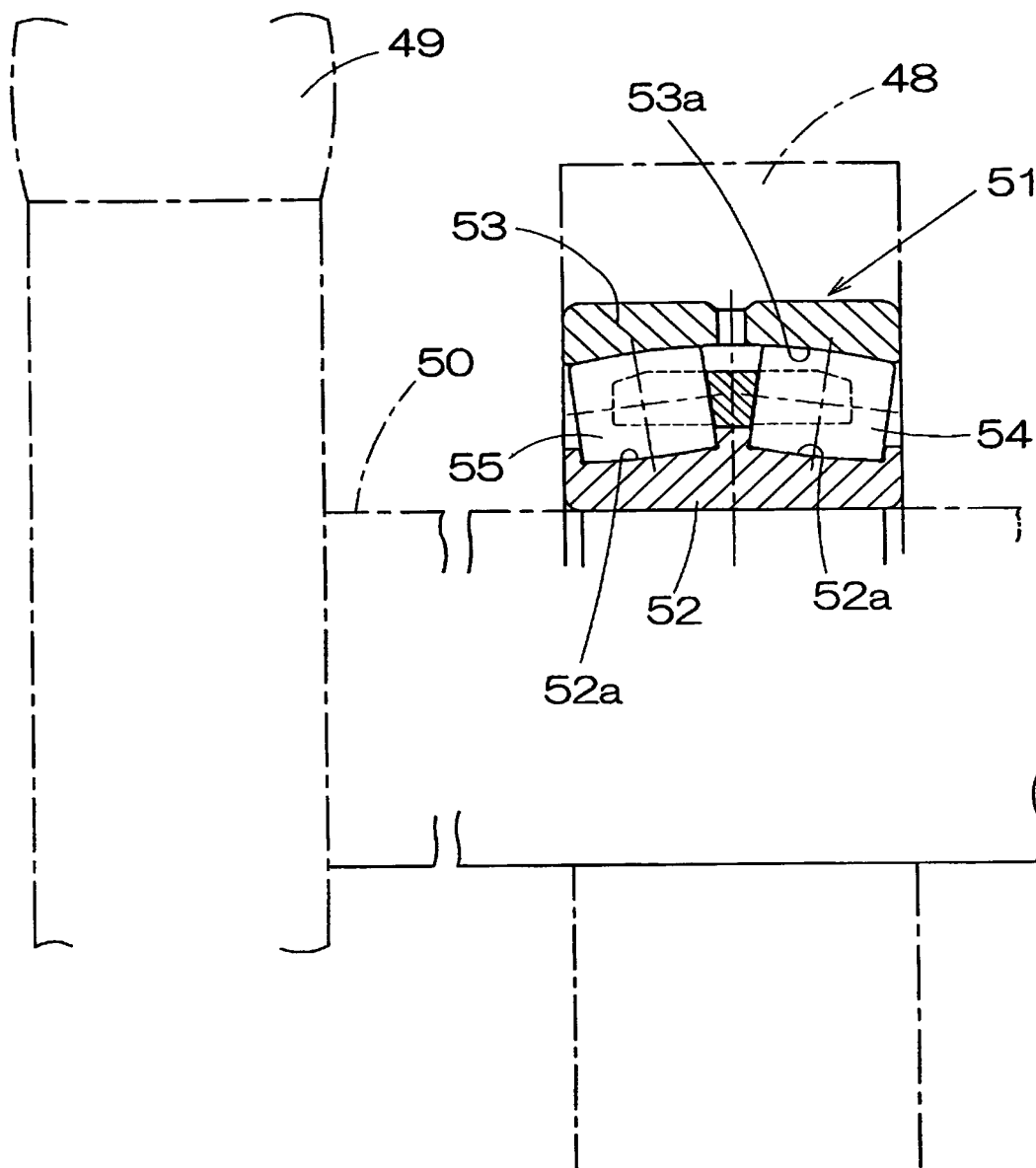
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016977

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F16C23/08, 19/38, 33/60, 19/54, F03D11/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F16C23/06-23/08, 19/22-19/48, 33/58-33/64, 19/54, F03D11/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	GB 139512 A (AKTIEBOLAGET SVENSKA KULLAGERFABRIKEN), 02 July, 1920 (02.07.20), Figs. 6, 8 & DE 331454 C & FR 512946 A	1-2, 5 4, 7-11, 17-21 3, 6, 12-16, 22-28
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 23940/1988 (Laid-open No. 128022/1989) (Koyo Seiko Co., Ltd.), 31 August, 1989 (31.08.89),	4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 February, 2005 (15.02.05)

Date of mailing of the international search report
08 March, 2005 (08.03.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016977

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 113187/1977 (Laid-open No. 38749/1979) (Koyo Seiko Co., Ltd.), 14 March, 1979 (14.03.79), (Family: none)	4
Y	JP 2001-140874 A (NSK Ltd.), 22 May, 2001 (22.05.01), (Family: none)	7
Y	JP 2000-320550 A (NSK Ltd.), 24 November, 2000 (24.11.00), Figs. 1 to 2 (Family: none)	7-8, 11, 17-21
Y	JP 62-282173 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 08 December, 1987 (08.12.87), Fig. 1 (Family: none)	9-10, 18, 20-21
A	JP 2003-301850 A (NSK Ltd.), 24 October, 2003 (24.10.03), & WO 2003/038295 A1	1-28
A	GB 539502 A (ROULEMENTS A BILLES MINIATURES), 12 September, 1941 (12.09.41), (Family: none)	1-28
A	JP 2003-293940 A (Tomoharu OIKAWA), 15 October, 2003 (15.10.03), Fig. 2 (Family: none)	9-10, 18, 20-21

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ F16C23/08, 19/38, 33/60, 19/54, F03D11/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ F16C23/06-23/08, 19/22-19/48, 33/58-33/64,
19/54, F03D11/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	GB 139512 A (AKTIEBOLAGET SVENSKA KULLAGERFABRI KEN) 1920.07.02, Fig. 6, 8 & DE 3 31454 C & FR 512946 A	1-2, 5 4, 7-11 , 17-21 3, 6, 12 -16, 22 -28
Y	日本国実用新案登録出願63-23940号 (日本国実用新案登録 出願公開1-128022号) の願書に添付した明細書及び図面の 内容を撮影したマイクロフィルム (光洋精工株式会社) 1989.	4

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.02.2005

国際調査報告の発送日

03.3.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤村 泰智

3J

9247

電話番号 03-3581-1101 内線 3326

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	08. 31 (ファミリーなし)	
Y	日本国実用新案登録出願52-113187号 (日本国実用新案登録出願公開54-38749号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (光洋精工株式会社) 1979. 03. 14 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2001-140874 A (日本精工株式会社) 2001. 05. 22 (ファミリーなし)	7
Y	JP 2000-320550 A (日本精工株式会社) 2000. 11. 24, 【図1】 - 【図2】 (ファミリーなし)	7-8, 11, 17-21
Y	JP 62-282173 A (ヤマハ発動機株式会社) 1987. 12. 08, 第1図 (ファミリーなし)	9-10, 18, 20-21
A	JP 2003-301850 A (日本精工株式会社) 2003. 10. 24 & WO 2003/038295 A1	1-28
A	GB 539502 A (ROULEMENTS A BILLES MINIATURES) 1941. 09. 12. (ファミリーなし)	1-28
A	JP 2003-293940 A (追川 友治) 2003. 10. 15, 【図2】 (ファミリーなし)	9-10, 18, 20-21